Über die
Empfindung des Widerstandes.

INAUGURAL-DISSERTATION

WELCHE

ZUR ERLANGUNG DER DOCTORWÜRDE

IN DER

MEDICIN UND CHIRURGIE

MIT ZUSTIMMUNG

DER

MEDICINISCHEN FACULTÄT

DER

FRIEDRICH-WILHELMS-UNIVERSITÄT ZU BERLIN

AM 12. MAI 1893

NEBST DEN ANGEFÜGTEN THESEN

ÖFFENTLICH VERTEIDIGEN WIRD

DER VERFASSER

Alfred Blecher
aus Rinteln.

OPPONENTEN: Hr. Dd. med. F. Dieckmann.
„ Dd. med. E. Tornow.
„ cand. med. Th. Becker.

BERLIN
C. VOGT's BUCHDRUCKEREI (E. EBERING)
Linkstrasse 16.

Im Andenken

an

seinen teuren Vater

seiner lieben Mutter

in Dankbarkeit

gewidmet

vom Verfasser.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41535713_0219

Die Widerstandsempfindung, die Empfindung des mechanischen Widerstandes, der sich hemmend in irgend einer Richtung den Bewegungen entgegenstellt, war den älteren Physiologen wohl bekannt; sie verlegten dieselbe in die Haut, welche nach ihrer Meinung der alleinige Sitz der Sensibilität war; den Knochen, Knorpel, Sehnen sollte jede Empfindlichkeit fehlen, den Muskeln und dem Periost wurde nur ein ganz geringer Grad zugesprochen.

Hieran änderten auch nicht viel die Veröffentlichungen Ed. Webers über den Kraftsinn (Wagners Handwörterbuch 1846, III. B. S. 543), welchem er die Fähigkeit zuschrieb die Grösse eines den Bewegungen entgegenstehenden Widerstandes und die Schwere eines gehobenen Gewichtes erkennen zu lassen, und den er in die Muskeln verlegte. Nur das Gefühl für die Schwere von Gewichten und namentlich die Unterschiedsempfindlichkeit trat in den Mittelpunkt der physiologischen Untersuchungen; ein Jahrzehnte währender wissenschaftlicher Streit entbrannte darüber, ob es eine reine periphere Empfindung sei oder mehr zusammengesetzter Natur. — Das Widerstandsgefühl blieb ganz unbeachtet.

Noch J. Béclard lehrt in seinem Traité élémentaire de physiologie, dass der sens du toucher, welcher die Anwesenheit von Körpern, ihre Form und Konsistenz ermittelt, in der Haut seine Reizpunkte habe. Goldscheider war es, der zuerst genauere Untersuchungen über das Widerstandsgefühl anstellte (Untersuchungen über den

Muskelsinn II. Ueber die Empfindung der Schwere und des Widerstandes 1879). Nach ihm ist die Widerstandsempfindung eine sinnliche Erscheinung besonderer Qualität, sie gebe beim Tasten z. B. uns Aufschluss über die Gestalt und Konsistenz des untersuchten Körpers. Er ermittelt sodann den Sitz der Widerstandsempfindung und zwar schliesst er zuerst die Haut vollkommen aus. Sowohl bei Anästhesierung der Haut durch den faradischen Strom, als auch bei Anwendung von mit Wasser gefüllten Gummimanchetten, die eine starke Herabsetzung des Drucksinnes bewirken, tritt keine Verminderung des Widerstandsgefühls ein. Er zeigt ferner, dass dagegen bei Faradisierung der Gelenke ein fast vollkommenes Verschwinden desselben erfolge, woraus klar hervorgehe, dass die Gelenke der Sitz der Widerstandsempfindung seien.

Als ein weiteres überzeugendes Beweismittel hierfür führt er sodann die von ihm sogenannte paradoxe Widerstandsempfindung an. Dieselbe tritt auf, wenn man z. B. den Arm, an welchem ein Gewicht an einem Faden befestigt ist, gegen eine Unterlage senkt. In dem Augenblick, in dem das Gewicht zum Aufsetzen kommt, empfindet man deutlich einen Widerstand, den man in das Gewicht verlegt. Goldscheider erklärt die Entstehung dieser Empfindung damit, dass die zum Halten des Gewichtes aufgewendete Muskelkraft durch das Aufsetzen des Gewichtes frei werde und dem Gliede einen der Oberwärtsbewegung entgegengerichteten Stoss gebe, durch dessen Fortpflanzung auf die Gelenkenden die Empfindung des Widerstandes hervorgerufen werde. Dass die Sensibilität der Haut auch nur die geringste Rolle spiele, bestreitet Goldscheider und führt auch einen Versuch an, der darthun soll, dass kein Fortpflanzen des Stosses beim Aufsetzen durch den Faden auf die Haut stattfinde. An einem Stäbchen sind an den Enden zwei gleiche Gewichte an verschieden langen Fäden befestigt, das Stäbchen wird an einem in der Mitte angelegten Faden gehalten und der Arm gesenkt, es wird nun das Aufsetzen des ersten Gewichtes an dem längeren Faden nicht empfunden, sondern nur das des zweiten.

Diese paradoxe Widerstandsempfindung habe ich nun

zum Ausgangspunkte weiterer Untersuchungen gewählt. Denn ausser dem, wie sich allerdings später zeigen wird, nur scheinbaren Vorteile des Ausgeschlossenseins jeder Hautempfindung bietet sie für die physiologische Untersuchung noch einen weit wichtigeren dar, sie ist messbar. Und zwar können wir, davon ausgehend, dass ein bestimmtes Gewicht eine Widerstandsempfindung von bestimmter Stärke, ein kleineres eine schwächere hervorruft, durch vorsichtiges Abnehmen das Gewicht bestimmen, über welches hinaus man nicht gehen darf, will man noch eine Empfindung haben — den Schwellenwert.

Wir richteten dies so ein, dass immer acht Hebungen hintereinander gemacht wurden; von diesen wurde das Resultat, d. h. das Urteil, ob Widerstandsempfindung vorhanden resp. wie stark, von einem Gehülfen notiert; eine Null (0) wurde aufgeschrieben, wenn gar keine, ein Fragezeichen, wenn undeutliche, ein Ausrufungszeichen, wenn deutliche Empfindung angegeben wurde.

Man könnte mir hier allerdings den Vorwurf der Ungenauigkeit machen, indem doch zwischen „deutlich“ und „undeutlich“ nur ein subjektiver Unterschied bestehe, allein es schien mir doch angebracht, die quantitative Differenz der einzelnen Empfindungen, deren Stärke schwankte zwischen einem Gefühl, als ob man mit einem Stock aufstösst und einer gerade noch lokalisierbaren, eben merklichen Empfindung, wenigstens anzudeuten, wenn naturgemäss die Grenze auch keine sehr scharfe sein kann.

Von dem Gehülfen wurde nun so lange das Gewicht verändert, bis eine Versuchsreihe zu Stande kam, bei der von 8 Senkungen 4 mal eine undeutliche, die anderen 4 mal keine Widerstandsempfindung vorhanden war.

Diesen Schwellenwert suchte ich nun bei Bewegung in verschiedenen Gelenken des rechten Armes und verschiedenen Aufhängepunkten des Gewichtes bei zwei Personen zu ermitteln; diese beiden Versuchspersonen waren Herr Stabsarzt Dr. Goldscheider, welcher so ausserordentlich liebenswürdig war, sich diesen anstrengenden und zeitraubenden Versuchen zu unterziehen, und der Verfasser selbst.

Ich möchte nun zuerst kurz auf die Hülfsmittel, die hierbei zur Verwendung kommen, eingehen.

Um zunächst das Abmessen des Gewichtes zu erleichtern, bedienten wir uns einer mit Schrot gefüllten Aluminiumwagschale, welche, um das lästige Klappern der Schrote beim Aufsetzen zu verhüten, mit Watte ausgepolstert war.

Desgleichen bedurfte es einer stark Schall dämpfenden Unterlage, um das überaus störende Geräusch beim Aufstossen der Schale zum Verschwinden zu bringen; wir gebrauchten dazu ein Sandsäckchen, das mit einer Plüschdecke belegt war und auf einem gänzlich mit Plüsch überzogenem Brettchen ruhte. Obwohl diese Unterlage im allgemeinen ihren Zweck erfüllte, manchmal versagte sie doch und dann konnten wir uns nur dadurch helfen, dass wir durch ein konstantes Geräusch wie Klappern des Induktionsapparates, Strömen der Wasserleitung, das beim Aufsetzen entstehende zu übertäuben suchten.

Dies Geräusch störte nämlich in einer merkwürdigen und erwähnenswerten Weise: sobald man dasselbe beim Aufsetzen hörte, wusste man nicht, wenn nicht die Widerstandsempfindung sehr ausgeprägt war, ob man das Aufsetzen gehört oder gefühlt hatte, man neigte jedoch auch meist zu der Annahme einer Widerstandsempfindung, und dies selbst bei kleinen Gewichten, wo ohne Geräusch eine solche nicht auftrat. Wie sehr dadurch das Resultat getrübt worden wäre, kann man leicht ermessen.

Etwas ähnliches tritt übrigens ein, wenn man das Aufsetzen zugleich sieht; aus diesem Grunde und um auch nicht etwaige Veränderungen des Gewichtes wahrzunehmen, deren Kenntnis das Resultat gleichfalls hätte beeinflussen können, musste die betreffende Person bei den Versuchen die Augen schliessen oder wegsehen.

Zur Verhütung von Seitenschwankungen des Gewichtes gebrauchten wir einen Apparat wie ihn Goldscheider bei seinen Untersuchungen über Schwereempfindung benutzt hat: An einem Stativ ist ein wagrechter Querbalken befestigt; auf ihm stehen senkrecht zwei Rollen; der Faden, an welchem das Gewicht hängt, läuft über die eine Rolle

und dann unter der andern in die Höhe; an der zweiten Rolle ist ein kleines Schutzblech angebracht, um ein Abgleiten des Fadens beim Senken des Armes zu verhüten.

Der das Gewicht tragende Faden wurde an den Ringen eines cc. 2 cm breiten Bandes befestigt, welches mit einer gewöhnlichen Schnalle versehen war; jedoch lag dieses Band nicht direkt der Haut an, sondern wir hatten der Vorsicht halber, obwohl wir ja alle Hautempfindung für unwesentlich halten mussten, die mit Wasser gefüllten Gummimanchetten in Anwendung gezogen, wie sie Goldscheider bei seinen Versuchen über Muskelsinn gebraucht hat, und zwar für den Finger eine solche im Gewichte von 14 gr, die Hand von 106 gr, den Unterarm von 440 gr, den Oberarm von cc. 700 gr.

Von besonderer Wichtigkeit zeigte sich bei den Versuchen die Geschwindigkeit, mit der die Senkungen stattfanden, denn sowohl wenn sie sehr gering als auch wenn sie sehr gross war trat eine starke Abschwächung resp. ein vollständiges Verschwinden der Widerstandsempfindung ein, die bei mittelmässiger Geschwindigkeit unter sonst gleichen Bedingungen deutlich gewesen war. So konnte man es bei ganz vorsichtigem und langsamem Senken erreichen, dass selbst das Aufsetzen von verhältnismässig grossen Gewichten sich durchaus nicht durch einen Widerstand bemerkbar machte; nur dass bei weiterem Senken ein eigentümliches Schweregefühl, das von Goldscheider so genannte „paradoxe Schweregefühl“ auftritt, macht darauf aufmerksam, dass schon ein Aufsetzen stattgefunden hat. Die Ursache davon kann sein, dass bei langsamen Senken das Widerstandsgefühl ganz langsam auftritt, und, da langsam einsetzende Empfindungen gewöhnlich nicht zur Geltung kommen, unbeachtet bleibt, doch glaube ich, dass hier noch ein anderer Umstand von Wichtigkeit ist, auf den ich später noch zurückkommen werde.

Andererseits war auch bei sehr raschem und kräftigem Senken keine Widerstandsempfindung zu erhalten; es scheint als ob die Muskelkraft, welche das Gewicht hält und beim Aufsetzen desselben dem Gliede einen Stoss in

entgegengesetzter Richtung erteilt, neben der abwärts bewegenden Kraft gar nicht zur Geltung kommt. Goldscheider sind diese beiden Erscheinungen wohl bekannt und weist er darauf hin, dass bei den ungünstigen Verhältnissen der eingliedrigen Bewegung nur bei beschleunigter aber schwacher Senkung eine Widerstandsempfindung zu erzielen sei. Um nun diese beiden Momente, welche die Richtigkeit des Resultates gefährdeten, auszuschliessen, nahmen wir alle Senkungen mit einer mittleren Geschwindigkeit vor, bei der, wie durch Abschätzungen gefunden wurde, die Widerstandsempfindung am deutlichsten war; dieselbe wurde mit Hilfe des Metronoms festgestellt, sie beträgt 4—5 cm in der Sekunde.

Betrachten wir nun näher die eigentliche Erscheinung der Widerstandsempfindung. In dem Momente, wo das Gewicht aufsetzt, glauben wir einen Widerstand zu fühlen, der die Abwärtsbewegung zum Stehen bringt; in ausgeprägten Fällen ist es uns, als ob durch das Aufstossen eines unbeweglich befestigten Stabes der Widerstand gesetzt würde; es bedarf einer neuen Kraftanstrengung, um ein Fortsetzen der Abwärtsbewegung zu erzielen, doch noch ehe es dazu kommt, ist die Widerstandsempfindung abgelaufen, es tritt das paradoxe Schweregefühl auf. Wie können wir es uns nun erklären, dass erstere von so kurzer Dauer ist. Wird sie durch die Bewegung vernichtet? Allein auch wenn wir gleich beim Aufsetzen in der Abwärtsbewegung inne halten, schwindet sie ebenso rasch.

Man könnte hier dagegen geltend machen, dass bei der Unterbrechung der Bewegung eine Verminderung der Muskelspannung und damit eine Verringerung des Gelenkdruckes stattfinde; da dieser aber die Ursache der Widerstandsempfindung sei, schwinde sie zugleich mit ihm. Jedoch auch überall, wo sie sonst noch auftritt, hält sie nur kurze Zeit an, auch wenn der Druck in den Gelenken derselbe bleibt. Wenn man z. B. mit dem Finger senkrecht auf die Tischplatte stösst, hat man deutlich eine Widerstandsempfindung aber nur im Moment des Aufstossens. Wenn wir auch mit derselben Kraft die Bewegung fortzusetzen suchen und mit der Fingerspitze auf die Tischplatte drücken, die

Widerstandsempfindung dauert nie an, obwohl doch der Druck in den Gelenken sicher derselbe geblieben ist, wir haben nur ein Druckgefühl in der Haut des Fingers, das Gefühl, dass dieselbe zusammengedrückt wird, höchstens noch ein Gefühl der Muskelspannung, das aber weit von dem Widerstandsgefühl verschieden ist. Dieselbe Erscheinung tritt ein, wenn wir dadurch eine Widerstandsempfindung hervorrufen, dass wir eine Bewegung durch starke Kontraktion der Antagonisten zum Stillstand bringen, wie dies z. B. beim Schleudern geschieht. Auch hier tritt in dem Moment, wo die Bewegung sistiert, ein deutliches Gefühl des Widerstandes auf, verschwindet aber sofort, wenn wir auch durch Beibehalten der Muskelspannung den Druck nicht geringer werden lassen; es ist nur wieder ein Spannungsgefühl vorhanden, das nach meiner Ansicht mit der Schwerempfindung, wie z. B. beim Halten von schweren Gewichten grosse Aehnlichkeit hat.

Wir sehen also, dass die Widerstandsempfindung überall von kurzer Dauer ist, unabhängig davon, ob nach ihrem Auftreten Bewegung oder Stillstand ist, ob der Gelenkdruck abnimmt oder konstant bleibt.

Gehen wir nun näher auf die Entstehung des Gelenkdruckes ein, der die Widerstandsempfindung hervorruft. Wie schon oben erwähnt, sagt Goldscheider, dass durch die Stosswirkung, welche bis auf die Gelenkenden fortgeleitet werde, ein Zusammenpressen derselben stattfände. Dies trifft sicher zu bei der Widerstandsempfindung, die durch einen Stoss auf ein ruhendes Glied in der Längsrichtung desselben hervorgerufen wird; auch wenn man mit dem Finger senkrecht gegen eine Unterlage stösst, obwohl hier schon bei dem am meisten proximalen Segmente der Stoss senkrecht zu seiner Längsrichtung erfolgt.

Unwahrscheinlich aber erscheint es mir, dass eine Stosswirkung, die wie z. B. bei der paradoxen Widerstandsempfindung nicht in der Längsrichtung des Gliedes sondern winklig resp. senkrecht dazu stattfindet, ein Zusammenpressen der Gelenkenden hervorrufen soll. Ein Stoss wenigtens, der ein ruhendes Glied winklig zu seiner

Längsrichtung trifft, ruft niemals die Empfindung des Widerstandes hervor.

Nehmen wir hier einen anderen Gesichtspunkt zur Hilfe. Betrachten wir den Fall, dass bei einer eingliederigen Bewegung z. B. Heben des Oberarmes oder Beugen der I. Phalanx ein mechanisches Hindernis dieselbe zum Stehen bringe; hierbei tritt eine deutliche Widerstandsempfindung auf. Durch das Hindernis wird im Momente des Anstossens die Kraft des bewegenden Muskels aufgehoben, jedoch nicht die ganze, denn wenn wir bedenken, dass der Muskel an seinem Ansatzpunkte unter einem schiefen Winkel zur Längsrichtung des bewegten Gliedes wirkt, können wir die dort angreifende Muskelkraft in zwei senkrecht zu einander wirkende Teilkräfte zerlegen. Von diesen wird die, welche senkrecht zur Längsaxe des Segmentes gerichtet ist und die ich als „Bewegungskraft" bezeichnen möchte, durch das entgegenstehende Hindernis unwirksam gemacht. Die andere dagegen, welche in die Längsrichtung fällt und die ich als „Fixierungskraft" benennen möchte, wird es nicht, und sie ist es, die den Gelenkdruck hervorbringt. Diese Teilkraft hat jedenfalls die physiologische Aufgabe, bei der Bewegung die Gelenkenden an aneinander zu pressen und ein Auseinanderweichen, welches ja die Bewegung erschweren und zu einer Zerrung und Quetschung der umliegenden Weichteile führen würde, zu verhüten.

Solange nun beide Kräfte zusammen wirken, also eine Bewegung stattfindet, ist die Druckwirkung der Fixierungskraft nicht fühlbar, wie wir ja z. B. bei Beugung eines Gliedes aus gestreckter Lage, wo wegen der Kleinheit des Ansatzwinkels des Muskels dieselbe besonders gross ist, weder Druck- noch Widerstandsempfindung haben. Man könnte sich dies auf zweierlei Art erklären: entweder findet wirklich auch bei der Bewegung ein Druck statt, das Druckgefühl ist uns aber wegen seines steten gleichzeitigen Auftretens mit dem Bewegungsgefühle so gewohnt, dass es nur noch zur Empfindung kommt, wenn es ohne Bewegung auftritt; oder auch können wir nach Goldscheider annehmen, dass die Be-

wegung keinen Druck, kein Zusammenpressen der Gelenkenden entstehen lasse, wie er dies namentlich bei der eingliederigen Bewegung zur Erklärung des Umstandes, dass bei ihr das Widerstandsgefühl nur bei grosser Vorsicht zu erhalten sei, als Grund angiebt. Aber wie dem auch sei, jedenfalls ist eine Hauptbedingung für die Entstehung der Empfindung des Widerstandes Stillstand des betreffenden Gliedes resp. Sistieren der Bewegung, in der es sich befindet. Wodurch letztere zum Stehen gebracht wird, ist gleichgiltig; ebenso wie in unserm Beispiel durch ein mechanisches Hindernis kann dies auch durch die Kraft der Antagonisten erreicht werden, wie dies ja bei der oben angeführten Schleuderbewegung und beim Aufsetzen eines gehaltenen Gewichtes der Fall ist; es wirkt in diesen beiden Fällen dann noch die Fixierungskraft des die Bewegung aufhebenden Muskels bei Erzeugung des Gelenkdrucks mit. Nur muss eben die Muskelkraft auf beiden Seiten gleich stark sein um sich gegenseitig paralysieren zu können, sonst tritt nach der stärkeren Seite eine Bewegung ein, welche keine Widerstandsempfindung entstehen lässt. Dies ist der Grund weshalb, wie wir gesehen haben, bei zu raschem kräftigem Senken die Widerstandsempfindung nicht so leicht auftritt.

Wir hatten bisher nur immer die eingliedrige Bewegung im Auge gehabt, es fragt sich nun, wie sich die Verhältnisse ändern, wenn statt eines Segmentes mehrere vorhanden sind, von denen das proximale bewegt wird, während die Hemmung von den gehaltenen distalen ausgeht. Greifen wir wieder auf unser erstes Beispiel zurück, so liegt hier die Sache einfach, wenn die verschiedenen Segmente durch Anspannung der haltenden Muskeln unbeweglich gegen einander fixiert sind; dann ist eine eingliedrige Bewegung vorhanden und ein an den distalen Segmenten angreifendes mechanisches Hindernis wird die Bewegung der ganzen Reihe vernichten und auf die oben beschriebene Weise in dem bewegten Gelenke einen Gelenkdruck hervorrufen. Wenn dagegen die Segmente verschieblich gegen einander sind, wird durch das mechanische Hindernis anfangs die Bewegung des proxi-

malen Segmentes nicht gehindert, es tritt nur eine Verschiebung der distalen gegen das erstere ein; erst wenn die anatomischen Verhältnisse eine Fortsetzung derselben unmöglich machen, erfolgt Hemmung der Bewegung und Empfindung des Widerstandes.

Anders ist es nun bei der paradoxen Widerstandsempfindung, wenn dort mehrere Segmente vorhanden sind und an dem am meisten distalen das Gewicht aufgehängt ist. Gehen wir hierbei von der Betrachtung des proximalen Segmentes aus; in dem Momente des Aufsetzens wird die Muskelkraft, welche das Segment und damit indirekt das Gewicht hält, welches ja durch Vermittlung der distalen Segmente an dem proximalen wirkt, frei, paralysiert die abwärts bewegende Kraft und es findet in dem bewegten Gelenke eine Widerstandsempfindung statt. Das Gewicht wird aber auch von den distalen Segmenten gehalten und zwar von dem äussersten direkt, den anderen indirekt; diese haltende Muskelkraft wird aber in dem Momente des Aufsetzens auch frei und sie würde jedem einzelnen Segmente einen Stoss nach oben geben, wenn dieselben nicht eine gewisse kinetische Energie, welche ihnen durch die vorherige Abwärtsbewegung mitgeteilt wird, besässen; wir müssen wohl annehmen, dass durch letztere die Bewegungskraft der haltenden Muskulatnr aufgehoben wird, und in jedem einzelnen Gelenke die Fixierungskraft einen Gelenkdruck und Widerstandsempfindung hervorruft.

Wir sehen also, dass jeder rasch eintretende Gelenkdruck, und zwar nur in unbewegtem Gelenke, eine Widerstandsempfindung verursacht, und, wenn wir auf die früheren Ausführungen zurückgreifen, die Empfindung anhält, solange eine Druckzunahme stattfindet, verschwindet, wenn der Höhepunkt des Druckes erreicht ist, gleichgiltig ob er nun konstant bleibt oder abnimmt.

Es ist nun bisher noch gar nicht berücksichtigt worden, dass schon vor dem Auftreten der Widerstandsempfindung ein gewisser Gelenkdruck vorhanden sein kann, wie es in Wirklichkeit ja wohl stets der Fall ist. Es fragt sich nun, ob und wie erstere von diesem Drucke be-

einflusst wird. Annehmen lässt sich wohl, dass das bekannte Weber'sche Gesetz von der Unterschiedsempfindlichkeit auch hier Geltung hat, und dass also je grösser der Anfangsdruck ist, desto grösser auch die Druckzunahme sein muss, um überhaupt resp. in derselben Stärke als Widerstandsempfindung wahrgenommen zu werden, und dass bei gleichen Bedingungen ein grösserer Anfangsdruck eine schwächere Empfindung zur Folge haben wird. Diese Annahme bestätigt eine Erfahrung, die wir gleich im Anfang machten: bei der Senkung mit lose gehaltenem Arme trat die Widerstandsempfindung stets deutlicher auf, als bei der Senkung des mit Anspannung aller Muskeln gestreckten Armes, wo doch der Gelenkdruck überall sehr erhöht war.

Ebendarauf lässt sich wohl auch zum Teil die oben erwähnte Erscheinung der Herabsetzung der Widerstandsempfindung bei zu langsamer Bewegung zurückführen, denn bei letzterer, wo ja die bewegenden Muskeln durch die Antagonisten gehemmt werden, ist ja auch ein starker Gelenkdruck vorhanden. Auch am Arm befestigte Gewichte beeinflussen jedenfalls durch den Gelenkdruck, den die sie haltenden Muskeln verursachen, die Widerstandsempfindung; ich werde hierauf weiter unten näher eingehen.

Was nun die Versuche anlangt, so möchte ich kurz noch bemerken, dass das Band stets um die Mitte der Manchette lag und zwar bei den Phalangen des Zeigefingers in der Mitte derselben, an der Hand dicht proximal von den Metacarpo-phalangealgelenken der 4 Finger, am Oberarm dicht hinter den Condylen. Die Entfernungen vom Handgelenk wurden vom os naviculare aus gemessen. Bei den Senkungen im Schulter- und Ellbogengelenk war der Handrücken nach rechts aussen gedreht; war das Gewicht an den Phalangen des Zeigefingers befestigt, so waren die andern Finger eingeschlagen, sonst leicht gestreckt.

A. Senkung im Schultergelenk.

Der Arm wird etwas über die Horizontale erhoben und dann gesenkt, so dass das Aufsetzen ungefähr in der Horizontalen stattfindet.

I. Versuchsperson.

Band an der III. Phalanx des Zeigefingers.

P*)	−2g	−4g	+1g	+1g	−1g	+$^2/_5$g	−1g	−1g	+$^2/_5$g
!	!	0	0	?	?	!	?	?	0
?	!	?	?	?	0	!	?	0	0
?	?	0	?	?	0	?	?	0	0
!	?	0	0	?	?	!	?	?	?
?	?	0	0	?	0	?	?	0	0
!	?	0	0	0	?	?	?	0	?
?	?	0	0	0	0	?	?	0	?
?	?	0	?	?	0	?	?	0	?

Gewicht 8,7 g.
Weitere Versuche ergaben: 8,5 g; 7,4 g; 8,0.
Durchschnittswert 8,1 gr.

Band an der II. Phalanx d. Zeigefingers

P	−2g	−2g	−2g	−1g	−1g	+$^2/_5$g	+$^3/_5$g
0	!	?	0	?	0	?	0
?	?	?	?	0	0	0	?
?	?	?	?	0	0	0	0
!	?	?	?	0	0	0	0
!	?	?	?	?	0	?	?
?	?	?	?	0	0	0	?
!	?	?	?	?	0	0	?
!	?	?	0	0	0	0	0

Gewicht 11,8 g.
Weitere Werte: 11,0 g; 10,9 g; 10,4 g.
Durchschnittswert 11,0 g.

Band an der II. Phalanx d. Z.
Die Werte waren: 15,5 g; 16,6 g; 13,0 g; 15,2.
Durchschnittswert 15,1 g

*) Wir wählten als Ausgangspunkt bei jeder Senkung ein nicht näher bekanntes aber von dem erwarteten Werte nicht zu weit abstehendes Gewicht, das in den Tabellen mit P bezeichnet ist. Die Zahlen über der Tabelle zeigen an wieviel g von der darunterstehenden Reihe abgenommen resp. zugesetzt wurden.

Band um die Hand.

P	−2g	−2g	−2g	−3g	−2g	−1g	+⅖g
!	!	?	?	?	0	0	0
!	!	?	?	!	?	?	0
!	!	?	?	?	?	0	?
!	!	?	?	?	0	0	?
!	!	!	!	0	0	0	0
!	!	!	?	?	?	0	0
!	!	!	?	?	?	?	?
!	!	?	!	?	0	0	?

Gewicht 25,09

Weitere Werte: 30,8 g; 20,3 g; 25,3 g

Durchschnittswert: 25,3 g

Band 10 cm vom Handgelenk. Bei den ersten Versuchen dieser und der folgenden Abteilung hatte die angewandte Manchette nicht das oben angegebene Gewicht, sondern war etwas leichter.

a) mit leichterer Manchette

P	−2g	−1g	*=	−1g	+1g	−⅖g	+⅖g
!	?	0	?	0	0	0	?
!	?	0	0	0	0	0	?
!	!	0	?	0	?	0	0
!	0	0	?	0	?	0	?
!	0	0	0	0	0	?	0
!	?	0	?	0	?	0	0
!	0	0	0	0	!	?	?
!	?	0	0	0	?	0	0

Gewicht 46,5 g

Weiterer Wert: 48,1 g

b) Mit Manchette von 440 gr G.

Erhaltene Werte: 57,0 g; 59,0 g

Durchschnittswerte: a) 47,3 g; b) 58,0 g

Band 20 cm vom Handgelenk

a) mit leichterer Manchette

Erhaltene Werte 42,0 g; 47,7 g

b) mit Manchette von 4,40 gr G.

P	+1g	−1g	−1g	−2g	−1g	−2g	+1g	+$^2/_5$g
?	0	?	0	0	?	0	0	?
?	0	?	0	0	0	0	?	?
0	?	?	?	?	?	0	0	0
0	?	0	?	?	0	0	0	0
?	?	?	?	?	0	0	?	?
0	?	?	0	0	?	0	0	0
0	0	?	?	0	?	0	?	0
0	0	?	0	0	0	0	0	?

Gewicht 55,5 g.
Weiterer Wert: 61,5 g
Durchschnittswerte: a) 44,8 g. b) 58,5 g.

Band um Oberarm

P	−1g	−1g	−1g	−1g	−1g	−1g	−1g	−$^2/_5$g	−$^3/_5$g
?	0	0	!	0	0	?	0	?	0
?	?	0	0	0	?	0	?	0	?
0	?	?	?	0	0	?	0	0	?
0	0	?	0	?	0	?	0	0	?
?	?	?	?	?	?	0	0	0	0
?	?	?	0	?	?	0	0	0	0
?	?	?	0	?	?	?	0	?	0
?	0	!	?	0	0	0	0	0	?

Gewicht 72,5 g.
Weitere Werte 74,8 g. 85,1 g
Durchschnittswert: 77,4 g

II. Versuchsperson.

Band der III. Phalanx des Zeigefingers.

P	−2g	−2g	−1g	−1g	−1g	−1g	+$^2/_5$g
!	!	!	?	?	?	0	0
!	!	?	0	!	0	0	0
!	!	!	?	?	?	0	?
!	!	!	?	?	?	0	?
!	!	?	?	?	?	0	0
!	!	?	0	!	0	0	?
!	!	!	0	?	0	0	0
!	!	?	?	?	?	0	?

Gewicht 5,4 g.

Weitere Werte: 6,4 g; 8,5 g
Durchschnittswert: 6,8 g.

Band an der II. Phalanx des Zeigefingers.
Die Werte waren: 11,6 g; 10,3 g; 10,0 g
Durchschnittswert: 10,6 g

Band an der I. Phalanx des Zeigefingers.

P	−1g	−1g	−1g	−1g	−2g	−1g	−1g	+3/5g
?	?	?	?	?	?	?	?	?
?	0	0	?	0	0	0	0	?
?	?	?	?	?	?	0	0	0
?	0	?	?	?	?	0	0	0
?	0	0	?	0	0	0	0	?
0	?	?	0	?	0	?	?	0
?	?	?	?	?	0	?	0	?
?	0	?	?	?	?	?	0	0

Gewicht 13,9 g
Weiterer Wert: 16,2 g
Durchschnittswert: 15,1 g

Band um die Hand.
Die erhaltenen Werte waren 25,1 g; 22,2 g; 23,6 g
Durchschnittswert: 23,6 g

Band 10 cm vom Handgelenk.
a) mit leichterer Manchette.
Erhaltene Werte: 45 g; 44,5 g.
b) mit Manchette von 440 g G.

P	−5g	−5g	−1g	−2g	−1g	−6g	−5g	+1g	−3/5g
!	!	?	?	!	?	?	?	?	?
!	!	0	?	0	0	?	0	0	0
!	!	?	?	0	0	?	0	?	0
!	?	?	0	?	0	0	0	?	?
!	!	?	?	?	?	0	0	0	0
!	!	?	0	?	?	?	0	0	?
!	!	0	?	0	?	?	?	?	?
!	!	0	?	?	?	?	?	?	0

Gewicht 59 g
Weiterer Wert: 61 g
Durchschnittswerte a) 44,7 g; b) 60 g

Band 20 cm vom Handgelenk
a) mit leichterer Manchette.
Erhaltener Wert: 44,3 g
b) mit Manchette von 440 g G.
Erhaltene Werte: 53,2 g; 59,8 g
Durchschnittswert: 56, 5 g.
Band um Oberarm.
Erhaltene Werte 65,7 g; 83,8 g
Durchschnittswert: 74,7 g.

B. Senkung im Ellbogengelenk.

a) der Oberarm hängt senkrecht herab und wird an den Oberkörper fest angedrückt. Die Senkung findet in der Weise statt, dass im Momente des Aufsetzens der Unterarm mit dem Oberarm ungefähr einen rechten Winkel bildet.

I. Versuchsperson.

Band an der III. Phalanx des Zeigefingers.

P	−1g	−2g	−1g	−1g	+½g	+⅗g
?	!	?	0	0	0	?
?	?	0	0	0	0	?
?	?	0	?	0	0	?
!	0	?	?	?	0	0
?	?	?	0	0	?	0
?	!	?	?	?	0	0
?	?	0	?	0	?	?
?	!	?	?	0	?	0

Gewicht 10,9 g.
Weitere Werte: 8,8 g. 9,3 g.
Durchschnittswert: 9,7 g.

Band an der II. Phalanx d. Zeigefingers
Die erhaltenen Werte waren: 10,0 g. 11,8 g. 12,3 g.
Durchschnittswert: 11,4 g.

Band an der I. Phalanx des Zeigefingers.
Werte: 15,5 g. 18,7 g. 19,2 g.
Durchschnittswert: 17,8 g.

Band um die Hand.

P	−3g	−2g	−1g	−2g	−1g	−1g	−1g	+$^2/_5$g
!	!	?	?	?	0	?	0	?
!	?	!	?	?	?	?	0	0
!	?	?	?	0	?	?	0	0
!	?	?	?	0	?	?	0	?
!	!	?	0	?	?	0	0	?
!	!	0	?	0	0	0	?	?
!	!	?	?	0	0	0	?	0
!	!	0	?	?	?	0	0	0

Gewicht 35,5 g.
Weitere Werte: 29,2 g. 28,8 g.
Durchschnittswert: 31,2 g.

Band 10 cm vom Handgelenk

P	−1g	−1 g	−1 g	−1 g	−1g	−1 g	+$^3/_5$g	−$^2/_5$g
!	?	?	0	?	0	?	?	?
?	0	?	!	0	0	0	0	?
0	0	0	0	?	?	0	?	0
0	0	!	?	?	?	0	0	0
0	?	?	0	0	0	0	?	?
?	0	0	0	?	?	0	0	?
?	?	0	0	0	?	0	?	0
0	0	?	?	0	?	0	?	0

Gewicht 70,0 g.
Weitere Werte: 70,3 g. 75,4 g.
Durchschnittswert: 71,9 g.

II. Versuchsperson.

Band an der III. Phalanx des Zeigefingers.

P	−3g	−1g	−2g	−2g	− 1g	+1g
!	!	!	!	?	0	?
!	?	!	!	?	0	0
!	!	!	!	?	0	?
!	!	!	?	?	0	0
!	!	!	!	?	0	0
!	!	!	?	?	0	0
!	!	!	?	0	0	?
!	!	!	?	?	0	?

Gewicht 8,7 g.
Weitere Werte: 7,7 g. 8,3 g.
Durchschnittswert: 8,2 g.

Band an der II. Phalanx
Die Werte waren: 9,0 g. 11,3 g. 13,3 g
Durchschnittswert: 11,2 g.

Band an der I. Phalanx des Zeigefingers.

P	−3 g	−2 g	−2 g	−2 g	+3/5 g	−2/5 g	+3/5 g
!	!	!	!	0	0	?	0
!	!	!	!	?	!	0	?
!	!	!	!	0	0	?	?
!	!	!	!	?	!	0	?
!	!	!	!	?	?	0	0
!	!	!	!	0	?	0	0
!	!	!	!	0	0	0	?
!	!	!	!	0	?	0	0

Gewicht 16,6 g.
Weiterer Wert: 22,0 g.
Durchschnittswert: 19,3 g.

Band um die Hand.

P	−4 g	−3 g	−1 g	−1 g	−1 g	−1 g	−1 g	−2 g	+2/5 g
!	0	?	0	?	?	0	?	0	?
!	!	?	?	0	0	0	0	0	?
!	!	0	0	?	0	?	?	?	0
!	!	?	?	0	0	?	?	0	0
!	!	0	0	0	0	0	0	?	?
!	!	?	?	0	?	?	?	0	0
!	!	?	?	?	?	0	?	0	0
!	?	?	0	?	?	?	0	?	?

Gewicht 34,0 g.
Weitere Werte 30,8 g. 35,5 g.
Durchschnittswert: 33,4 g.
Band 10 cm vom Handgelenk.

P	−3 g	−3 g	−1 g	−2 g	−1 g	−1 g	+2/5 g
?	?	?	?	?	?	?	?
!	?	0	?	?	?	0	?
!	!	?	0	?	?	0	0
?	?	?	!	?	?	?	0
?	0	0	!	0	0	?	0
?	?	?	!	0	0	0	?
!	!	?	?	0	0	0	?
!	?	0	?	?	0	0	0

Gewicht 86,0 g.
Weitere Werte 70, 2 g. 55,8 g. 67,0 g.
Durchschnittswert: 69,8 g.

b) Der Oberarm wird in wagrechter Haltung durch eine Krücke, eine mit Plüsch überzogene gekrümmte Holzlehne, welche auf einem Dreifuss befestigt ist, fixiert. Bei der Senkung muss darauf geachtet werden, dass der Arm beim Aufsetzen des Gewichtes nicht völlig gestreckt ist, sondern der Unterarm mit dem Oberarm einen stumpfen Winkel bildet, da sonst fast gar keine Widerstandsempfindung auftritt. Dieser Winkel muss bei allen Versuchen möglichst gleich sein; er betrug cc. 168 °.

I. Versuchsperson.
Band um die III. Phalanx des Zeigefingers.
Die erhaltenen Werte waren 11,5 g. 10,5 g. 10,0 g
Durchschnittswert 10,7 g.
Band um die II. Phalanx.

P	−4g	−2g	+1g	+1g	−1g	+3/5g	+1/5g
?	?	0	0	?	0	0	?
?	?	0	0	?	0	?	?
!	?	0	0	?	0	0	?
?	?	0	0	?	0	0	0
!	?	0	0	0	0	?	0
?	?	0	0	?	?	?	0
?	0	0	0	?	0	0	0
?	0	0	0	0	0	0	?

Wert 17,2 g.
Weitere Werte 14,5 g. 18,2 g
Durchschnittswert: 16,6 g.
Band an der I. Phalanx.

P	−2g	+1/2g	+1/2g	*=	+1g	+1/2g	−1/2g	−1/2g
?	0	0	0	0	0	0	0	?
?	0	0	0	0	?	?	?	?
?	0	0	0	0	0	!	?	?
?	0	0	0	?	0	?	?	0
?	0	0	0	0	?	!	?	0
0	0	?	0	0	?	?	?	?
?	0	0	0	?	?	?	?	0
0	0	?	0	0	0	0	?	0

Wert 22 g. Weitere Werte 20 g. 24,4 g
Durchschnittswert: 22,1 g.

Band um die Hand.
Die erhaltenen Werte waren: 35 g. 55 g. 47 g.
Durchschnittswert 45,6 g.

Band 10 cm vom Handgelenk.

P	−1g	+1g	+1g	+2g	+2g	− 1g	+ 1 g
?	0	?	0	0	0	!	0
!	0	?	0	0	?	0	0
0	0	0	0	?	0	0	?
0	0	0	?	0	?	0	?
?	0	0	0	0	!	?	?
0	0	0	0	0	?	0	0
?	0	0	?	0	!	0	0
?	0	0	0	0	!	0	?

Wert 115,5 g. Weitere Werte waren: 98,5 g. u. 102,2 g.
Durchschnittswert: 105,4.

II. Versuchsperson.

Band an der III. Phalanx des Zeigefingers.
Die erhaltenen Werte waren 10,0 g. 10,3 g. 12,4 g.
Durchschnittswert 10,9 g.

Band an der II. Phalanx.
Die erhaltenen Werte waren: 15,7 g. 16,3 g. 17,5 g.
Durchschnittswert: 16,5 g.

Band an der I. Phalanx.

P	−5g	−3g	−2g	−2g	−2g	−2g	−2g	$+^{3}/_{5}$g
?	?	?	?	?	?	0	?	0
!	?	?	?	?	0	0	0	?
!	?	?	0	?	?	?	?	0
!	?	?	?	?	?	?	0	?
!	?	?	?	?	?	?	0	?
!	?	?	?	?	?	?	0	0
!	?	0	?	?	?	0	?	0
!	?	0	0	0	0	?	0	?

Wert 23,2 g. Weitere Werte: 22,3 g. 25,1 g.
Durchschnittswert: 23,5 g.

Band um die Hand.

P	−5g	−2g	−2g	−2g	−2g	−1g	−2g	$+^{2}/_{5}$g
!	?	?	?	?	?	0	0	0
!	?	0	?	?	0	?	0	?
!	!	?	?	0	0	?	?	?
!	!	?	0	?	?	?	?	0
!	?	?	?	?	?	0	?	?
!	?	?	?	?	0	0	0	?
!	?	0	?	?	?	?	0	0
!	0	?	?	?	?	?	0	0

Wert 51,5 g.

Weitere Werte: 45,1 g. 43,2 g.

Durchschnittswert: 46,6 g.

Band 10 cm vom Handgelenk.

Die erhaltenen Werte waren: 106,0 g. 98,0 g. 107,6 g.

Durchschnittswert: 103,9 g.

C. Senkung im Metacarpophalangealgelenk.

Der Ellbogen ruht auf einem schmalen Tische; am Rande desselben liegt die Hand, den Rücken nach oben, auf einem ca. 10 cm hohen Gypsblocke, der für den Daumen und die 3 letzten Finger Vertiefungen hat, in welchen diese ruhen. Unterhalb des Zeigefingers zeigt der Block eine tiefe Ausbuchtung, welche dem Finger eine freie Bewegung nach unten gestattet. Beim Aufsetzen des Gewichtes befindet sich der Finger unter der Horizontalen. Das Stativ mit den Rollen steht wie bei den vorigen Versuchen auf dem Fussboden.

I. Versuchsperson.

Band an der III. Phalanx.

P	−1g	−2g	−2g	−2g	−1g	$+^{3}/_{5}$g	−1g	−2g	$-^{1}/_{5}$g
?	?	?	?	?	0	0	?	0	0
?	?	?	?	?	0	0	?	0	0
?	0	?	?	?	0	?	?	?	?
?	?	?	?	?	?	?	?	?	0
?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
?	?	0	?	?	0	?	?	?	?
?	?	?	0	0	0	0	0	?	0
?	?	?	?	0	0	0	?	0	?

Wert: 23 g. Weitere Werte: 24,6 g. 31 g.

Durchschnittswert: 26,2 g.

Band an der II. Phalanx.

Die erhaltenen Werte waren: 58,3 g. 83 g. 57,6 g.

Durchschnittswert: 66,3 g.

II. Versuchsperson.

Band an der III. Phalanx.

P	$-2g$	$-2g$	$-2g$	$-2g$	$-1g$	$+^3/_5g$	$+^2/_5g$	$-^2/_5g$	$+^1/_5g$
!	!	?	?	?	?	0	?	?	0
!	!	!	?	?	0	0	0	?	0
!	?	?	0	0	0	?	0	?	?
0	?	0	?	0	0	?	?	0	?
?	?	0	0	?	?	0	?	0	?
!	!	?	?	0	0	0	?	0	0
?	?	!	0	?	0	0	0	0	0
?	!	0	?	0	0	?	?	0	?

Wert: 21,5 g.
Weitere Werte: 19,8 g. 22,8 g.
Durchschnittswert: 21,4 g.

Band an der II. Phalanx.
Die erhaltenen Werte waren: 55,1 g. 68,8 g.
Durchschnittswert: 61,8.

An der I. Phalanx nahmen wir keine Versuche vor, weil namentlich die allzugeringe Exkursionsfähigkeit des Gliedes zu sehr hindernd auf das Zustandekommen einer Widerstandsempfindung einwirkt.

Bevor ich nun zur Verwertung der erhaltenen Resultate übergehe, möchte ich einiges über die Versuchsreihen selbst sagen. Natürlich wurden alle angegebenen Werte durch derartige Reihen ermittelt und nur des Raumes halber habe ich nur einzelne besonders charakteristische anführen können. Vor allem machten wir es uns zur Regel bis unter den Schwellwert, also bis bei der Mehrzahl der Senkungen kein Widerstand mehr empfunden wurde, hinunterzugehn und dann durch vorsichtiges Zusetzen den Schwellwert zu ermitteln. Es scheint nämlich, wenigstens wenn man die Versuchsreihen

Skg. im Schglk. I. Versuchspersonen Band u. Ober.,
Skg. im Ellbggk. I. V. Band u. d. Hand,
Skg. im Ellbggk. II. V. Band u. d. Hand

betrachtet, eine Zone des Schwellwerts zu geben, die sich über mehrere Gramm erstreckt, so dass ein Aufsuchen desselben durch Abnehmen, bis gleich oft empfunden und

nicht empfunden wird, leicht Ungenauigkeiten im Gefolge haben würde.

Es ist dann noch des Einflusses der beiden physiologischen Erscheinungen, der Uebung und der Ermüdung, zu gedenken.

Die Uebung machte sich weniger bei den einzelnen Versuchsreihen als grade im Verlaufe der Sitzungen geltend. Zu Beginn derselben, namentlich wenn eine längere Zeit seit der letzten verflossen war, zeigte sich eine gewisse Herabsetzung der Widerstandsempfindlichkeit, die erst nach einiger Zeit wich, während der man sich wieder an die Empfindung gewöhnen musste. Die Ermüdung stellte sich nicht nur am Ende der Sitzungen ein, wo die Resultate allmählich schlechter wurden, sondern auch in den Versuchsreihen selbst zeigte sich ihre störende Einwirkung, besonders wenn der Hebelarm lang war oder die schwereren Manchetten gebraucht wurden. Schon oft nach 3—4 Reihen trat eine Verschlechterung der Empfindung auf, die zu der Veränderung des Gewichts in gar keinem Verhältnis stand; wurde eine kurze Ruhepause eingeschoben, brachten die nächsten Senkungen bei gleichem Gewicht ein weit besseres Resultat. So z. B. Skg. im Schglk. I. V. Band 10 cm v. Hglk., Skg. im Schglk. II. V. Band a. d. III. Ph., Skg. im Ellbgglk. b). I. V. Band an d. I. Ph.; die betreffenden Stellen sind durch Sterne * bezeichnet. wir legten deshalb, wenn die Versuchsbedingungen das Eintreten der Ermüdung besonders begünstigten, immer nach 3 Einzelreihen eine kleine Pause ein; sonst musste die nach jeder Reihe zum Verändern des Gewichtes gebrauchte Zeit genügen.

Betrachten wir die erhaltenen Werte und ihr Verhältnis zu einander, so sehen wir, dass je mehr distal der Aufhängepunkt gelegen ist, desto geringer die Gewichte sind, deren Aufsetzen gefühlt wurde, desto feiner also das Widerstandsgefühl war. Es drängt sich hier uns sofort der Gedanke auf, dass eine Beteiligung der gehaltenen distalen Gelenke, die oben theoretisch angenommen wurde, vorliegt und dass in ihnen die Widerstandsempfindlichkeit

sich steigert mit der Entfernung von dem bewegten Gelenke.

Man könnte ja allerdings dies Feinerwerden der Empfindung bei distaler Verschiebung des Aufhängepunktes auch ohne Zuhülfenahme der distalen Gelenke erklären. Ausgehend davon dass, wie oben gezeigt, die Widerstandsempfindung durch schon bei ihrem Auftreten vorhandenen Gelenkdruck beeinträchtigt wird und dass die Gewichte der einzelnen Manchetten eine in proximaler Richtung fortschreitende bedeutende Steigerung zeigen, könnte man behaupten, die gefundene Abstufung der Werte sei nur eine Folge der verschiedenen Beeinträchtigung der Widerstandsempfindung durch den Gelenkdruck, den die Manchetten hervorriefen. Sicher ist ja nun, dass jede Belastung der bewegten Segmente die Widerstandsempfindung in ungünstiger Weise beeinflusst; wir haben z. B. gesehen, dass bei der leichteren Unterarmmanchette unter sonst gleichen Bedingungen geringere Gewichte gefühlt wurden als bei der schwereren. Das gleiche ergaben folgende Versuche: Drehung im Ellbgglk. Gewicht um Hand. Neben der Manchette ist ein Zusatzgewicht von 106 g befestigt. (= d. Gewicht d. Manchette.) Erhaltene Werte: 49,5 g; 48,3 g. Also eine bedeutende Herabsetzung! Andrerseits aber stellten wir auch durch Versuche fest, dass die Werte kein Erzeugnis des verschiedenen Gewichtes der Manchetten sind.

I. Drehg. im Schulterglk. um die Hand liegt die Handmanchette, um den Oberarm die Oberarmmanchette.

A. Band um die Hand. Wert: 36,6 g.

B. Band um Oberarm. Wert: 98 g.

Bei der zweiten Versuchsperson erhielten wir bei gleicher Versuchsanordnung folgende Werte:

A. 40 g. B. 106 g.

II. Drehg. im Schultglk. Unterarmmanchette 10 cm vom Handgelenk, um den Oberarm die Oberarmmanchette.

A. Band 10 cm v. Handglk. Wert: 74,7 g.

B. Band um Oberarm. Wert: 98 g.

Also auch wenn bei beiden Senkungen der Gelenkdruck gleich ist, erhalten wir bei distalem Aufhängepunkte bedeutend geringere Werte.

Nahe läge es auch, die Verschiedenheit der Werte, ohne den distalen Gelenken eine Beteiligung zuzugestehen, lediglich auf Rechnung der Verschiedenheit der Hebellängen bei den einzelnen Aufhängepunkten zu setzen; es würde danach bei allen Senkungen nur im bewegten proximalen Gelenke eine Widerstandsempfindung von gleicher Stärke, wie hier der Schwellenwert, durch das gleiche statische Moment, resp. die diesem entsprechende haltende Muskelkraft hervorgerufen sein, und wenn in diesem der eine Faktor, die Länge des Hebelarms, vergrössert würde, müsste der andere, das Gewicht, kleiner werden.

Wenn nun auch gewiss die Verschiedenheit der Hebellängen von Einfluss auf das Resultat ist, so genügt sie allein doch nicht zur Erklärung der Unterschiede in den Werten. Es spricht hiergegen vor allem schon die von Goldscheider gemachte Beobachtung, dass bei Hebung mit abstehender am proximalen Segment befestigter Schiene beim Anheben kein Widerstandsgefühl auftritt, während es bei gleichem Gewicht, wenn die distalen Segmente der Schiene anliegen, sehr deutlich vorhanden ist.

Auch aus unseren Versuchen lässt sich ein Beweis dafür erbringen, dass eine Beteiligung der distalen Gelenke stattfindet.

Betrachten wir die beiden Parallelversuche: Senkung im Ellbogengelenk, Aufsetzen bei beinahe gestreckter und rechtwinklig gebeugter Entlastungsposition, so fällt uns sofort auf, dass bei ersterer Versuchsanordnung bedeutend höhere Gewichte nötig waren um die Schwellwerte zu erreichen. Ursache hiervon ist jedenfalls die Veränderung, welche im Ellbogengelenk in der Stellung der betreffenden Segmente zu einander vorgenommen ist, und wodurch andere mechanische Bedingungen für die Wirkung der haltenden und bewegenden Muskeln geschaffen sind; in den übrigen Gelenken blieben die Lageverhältnisse dieselben. Wenn nun lediglich in dem proximalen bewegten Gelenke die Widerstandsempfindung aufträte und lediglich die Hebellänge die Verschiedenheit der Werte bedingte, so müsste die Verschlechterung bei jeder einzelnen Senkung gleich-

mässig sein; dies ist aber nicht der Fall, wie folgende Zusammenstellung zeigt:

Gewicht	I. Verschps.		II. Verschps.	
	A.	B.	A.	B.
I. Phalanx	9,7	10,7	8,2	10,9
II. Phalanx	11,4	16,6	11,2	16,5
III. Phalanx	17,8	22,0	19,3	23,5
Hand	31,2	45,6	33,4	46,5
10 cm vom Handgelenk	71,9	105,4	69,8	103,9

A. Skg. im Ellbogengelenk bei rechtwinklig gebeugtem Arm.
B. Skg. im Ellbogengelenk bei beinahe gestrecktem Arm.

Das Verhältnis, das zuerst cc. 9 : 10 resp. 4 : 5 ist, fällt nachher auf 2 : 3, die Verschlechterung steigt also im Verhältnis von 20 : 27, resp. 5 : 6. Diese von proximal nach distal gerechnete Verfeinerung kann nur die Folge der Beteiligung der von dem die Widerstandsempfindung verschlechternden Moment unberührt gebliebenen distalen Gelenke sein.

Wir entnehmen sodann auch aus unsern Versuchsresultaten, dass in den distalen Gelenken die Widerstandsempfindlichkeit höher ist, als in dem proximalen. Nehmen wir z. B. eine Gelenkreihe vom Schultergelenk bis zu einem Fingergelenke und verlegen erst den Aufhängepunkt mehr nach proximal, schalten also ein distales Gelenk aus, und verlegen dann bei Beibehaltung des ersten Aufhängepunktes den Drehungspunkt in das nächste distale Gelenk, schalten also ein proximales Gelenk aus, sehen wir, dass bei der ersten Versuchsordnung weit höhere Werte erhalten werden würden.

Drehg. im Schultergelenk. Band II. Phal. I. Versuchsps. 11,8 g. II. Verschps. 10,6 g.

Drehg. im Ellbogengelenk. Band III. Phal. I. Verschps. 9,7 g. II. Verschps. 8,2 g.

Drehg. im Schultergelenk. Band III. Ph. I. Verschsps. 15,1. II. Verschps. 15,1 g. Drehg. im Ellbogengelenk. Band II. Ph. I. Verschps. 11,4 g. II. Verschsps. 11,2 g.

Drehg. im Schultergelenk. Band um Hand. I. Verschsps. 25,3 g. II. Verschsps. 23,6 g.

Drehg. im Ellbogengelenk. Band I. Phl. I. Verschsp. 17,8 g. II. Verschps. 19,3 g.

Diese feinere Empfindung in den distalen Gelenken lässt sich sehr einfach auf den mechanischen Einfluss der anatomischen Verhältnisse zurückführen. Die distalen Segmente sind kurz und dünn, daher verhältnismässig leicht, ihr Gewicht wird daher keinen grossen die Widerstandsempfindung beeinträchtigenden Gelenkdruck verursachen, ausserdem laufen die Sehnen den Segmenten beinahe parallel, die Teilkraft, die in deren Längsaxe fällt, die Fixierungskraft ist daher sehr gross. Bei den proximalen Segmenten dagegen verlaufen die Muskeln und Sehnen unter einem weniger spitzen Winkel zur Längsaxe, die Fixierungskraft ist daher geringer, in den proximalen Gelenken herrscht ein ziemlich grosser Gelenkdruck, der durch die Luft der schweren proximalen Segmente hervorgerufen wird.

Dass thatsächlich das Gewicht der Glieder in den Gelenken, in welchen diese gehalten werden, die Widerstandsempfindung beeinflusst, zeigt ein Blick auf die beiden Versuchsanordnungen Drehg. im Ellbgglk., Aufsetzen bei beinahe gestreckter und rechtwinklig gebeugter Entlastungsstellung. Während man eigentlich bei der ersten Versuchsanordnung geringere Werte erwarten sollte als bei der zweiten, da ja die Zugrichtung der das Gewicht haltenden Muskeln beinahe parallel dem Unterarm verläuft und die Fixierungskraft sehr gross ist, erhalten wir weit höhere. Wir können dies nur dadurch erklären, dass die Muskelkraft, welche die Aufgabe hat, die Segmentreihe zu halten, und die wegen des geringen Ansatzwinkels sehr gross sein muss, einen sehr grossen Gelenkdruck setzt. Je grösser aber der schon vorhandene Druck, desto grösser muss auch die Drucksteigerung in einem Gelenke sein, um eine Widerstandsempfindung von gleicher Stärke auszulösen, und dies kann hier nur durch grössere Gewichte erreicht werden. Wenn aber die Last der Segmente unter ungünstigen

mechanischen Bedingungen für die Muskelwirkung eine erhebliche Herabsetzung herbeiführen kann, müssen wir wohl auch annehmen, dass sie stets von einigem Einfluss auf die Widerstandsempfindung ist. — Da nun die oben erwähnten Unterschiede allmählich von distal nach proximal zu auftreten, namentlich die Last der zu haltenden Segmente von Gelenk zu Gelenk zunimmt, findet auch unter den einzelnen distalen Gelenken eine Abstufung der Widerstandsempfindlichkeit statt.

Die bei den distalen Segmenten als für die Widerstandsempfindung vorteilhaft angeführte Kürze, welche ihre geringe Schwere bedingt, schliesst aber andrerseits wieder den Nachteil des kurzen Hebelarmes in sich, während die proximalen Segmente hinwiederum den Vorteil des langen Hebelarms darbieten; und da nun die Länge des Hebelarms in distaler Richtung abnimmt, schafft sie gegenüber den obengenannten Momenten des Ansatzwinkels der Muskeln und der Schwere der Segmente einen gewissen Ausgleich. Und wenn auch die Empfindlichkeit der distalen Gelenke ein wenig grösser ist, so kann sie doch keineswegs das Fehlen oder auch nur die Herabsetzung der Empfindlichkeit in dem proximalen Gelenke verdecken. So sehen wir, dass bei Senkung im Metacarpophalangealgelenk ziemlich hohe Werte erforderlich sind, um eine Empfindung hervorzurufen, z. B. Band an der III. Phalanx 26,2 g. resp. 21,4 g. gegen 9,7 g. resp. 8,2 g. bei Senkung im Ellbogengelenk, und 8,1 g. resp. 6,8 g. bei Senkung im Schultergelenk; beim Befestigen des Bandes an der II. Phalanx steigen diese Verhältnisse auf 66,3 g.: 11,4 g.: 11,0 g. resp. 61,8 g.: 11,2 g.: 10,6 g. Und bei allen Senkungen im Ellbogengelenk Versuchsanordnung B tritt uns eine deutliche Verschlechterung der Empfindung selbst bei Beteiligung aller distalen Gelenke entgegen. Wir müssen daher wohl annehmen, dass die einzelnen Gelenke einander gleichgestellt sind; die Empfindungen eines jeden einzelnen addieren sich zu einer Summe, zu einem für uns einheitlichen Gesamteindruck des Widerstandes; und je grösser die Zahl der beteiligten Gelenke ist, eine desto stärkere Widerstandsempfindung ruft ein gleiches Gewicht hervor,

und andrerseits desto kleiner ist das Gewicht, bei dem die Empfindungsschwelle gefunden wird. Die geringsten Werte haben wir daher auch bei Drehung im Schultergelenk Band um die III. Phalanx und Drehung im Ellbogengelenk Band um die III. Ph. erhalten. Freilich ist bei der komplicierten Muskel und Gelenkstatik die Möglichkeit nicht unbedingt auszuschliessen, dass nicht blos Gelenkempfindlichkeit, sondern vielleicht auch mechanische Momente eine Rolle spielen.

Dasselbe, was von der paradoxen, gilt auch von jeder andern Art von Widerstandsempfindung. Beim Tasten z. B., namentlich dem bei ärztlichen Untersuchungen gebräuchlichen Palpieren, verfahren wir stets so, dass möglichst viele Gelenke von der Empfindung betroffen werden; wir bewegen daher den leicht gestreckten Arm im Schultergelenk und führen die Fingerspitzen gegen den betreffenden, zu erforschenden Widerstand.

Ebenso wenn wir das Gewicht eines Gegenstandes mit dem eines anderen vergleichen oder es schätzen wollen, wobei wir doch jedenfalls zum Teil auch die Stärke der beim Anheben auftretenden Widerstandsempfindung in Rechnung ziehen, heben wir im Schultergelenk und halten den betreff. Gegenstand möglichst mit den am meisten distalen Segmenten.

Ich möchte jetzt noch einiges über das Verhältnis der Hautsensibilität zu der Widerstandsempfindung sagen. Aus unsern Versuchsreihen geht deutlich hervor, dass die letztere von der ersteren völlig unabhängig ist. Wie sollte man sonst die Thatsache deuten, dass an denselben Hautstellen bei Anwendung derselben Manchette die abweichendsten Werte sich ergaben, wenn die Senkung in verschiedenen Gelenken stattfand. So schwanken z. B. bei Befestigung des Gewichtes an der II. Phalanx die Werte von 11,2 bis 66,3 resp. 11,4 bis 61,8. Die Hautsensibilität kann hier also keine Rolle spielen.

Dies veranlasste uns denn, ohne Manchetten Senkungen anzustellen, in der Hoffnung auf diese Weise den störenden Einfluss des Gewichts der Manchetten auszuschalten und ungetrübte Resultate zu erhalten. Es lag hierbei das

Band fest, jedoch ohne zu drücken, direkt der Haut an.
Drehg. im Schultglk. Band um Hand
Wert: 11 g; 12 g
Drehg. im Schultglk. Band 10 cm v. Handglk.
Wert: 10,6 g
Drehg. im Schultglk. Band um Oberarm
Wert: 11,2 g
Drehg. im Ellbgglk. Band um Hand
Werte: 10,6 g; 12,5 g
Senkungen bei der andern Versuchsperson ergaben:
Drehg. Schultglk. Band um Hand
Wert: 12,8 g
Drehg. Ellbgglk. Band um Hand
Wert: 12,5 g
Drehg. Ellbgglk. Band 10 cm v. Handglk.
Wert: 12,3 g.

Die Unterschiede in den Werten, die bei den früheren Versuchen je nach dem Aufhängepunkte oder dem Gelenke, in dem die Bewegung stattfand, verschieden auftraten, schwinden sofort bei Weglassung der Manchetten; unabhängig von diesen Momenten tritt mit geringen Schwankungen immer der gleiche Schwellwert uns entgegen. Diese Einförmigkeit bringt uns auf die Vermutung, dass hier Hautsensibilität im Spiele ist. Und wenn wir nun schärfer die Empfindung, welche wir beim Aufsetzen des Gewichtes ohne Manchette haben, prüfen, können wir sie ganz deutlich in zwei gesonderte Empfindungen zerlegen; die eine ist die bekannte Widerstandsempfindung, die wir in das Gewicht verlegen; daneben nehmen wir noch dort, wo das Band der Haut anliegt, eine eigentümliche Empfindung wahr, die am meisten mit der eines leichten Druckes Aehnlichkeit hat; jedoch ist diese Trennung deutlich nur beim Aufsetzen grösserer Gewichte; je mehr wir uns dem Schwellwert nähern, desto mehr fliessen beide zu einer untrennbaren Empfindung zusammen. Natürlich konnten wir auch nicht von der reinen Widerstandsempfindung, sondern nur von dieser zusammengesetzten Empfindung den jedesmaligen Schwellwert bestimmen.

Auf welche Weise wird nun hier die Hautsensibilität,

denn um solche handelt es sich hier unzweifelhaft, erregt. Dass sich etwa der Stoss, den das Gewicht beim Aufsetzen erfährt, durch den Faden bis auf die Haut fortsetzt, ist unwahrscheinlich, denn in dem Moment des Aufsetzens erschlafft ja der Faden und nur im gespannten Zustande ist er zur Fortleitung einer physikalischen Einwirkung geeignet. Dagegen glaube ich, dass das Band, und zwar in Folge seiner Elasticität, die Hautempfindung hervorruft. Denn durch das Gewicht wird es angespannt und an der Stelle, wo der das Gewicht tragende Faden befestigt ist, von der Haut abgezogen; beim Aufsetzen des Gewichtes hört die Spannung auf, das Band kehrt in seine frühere Lage zurück und schlägt an die Haut an. In verstärktem Maasse kann man dies sehen, wenn man ein besonders elastisches Band, z. B. von Gummi, anwendet, hier ist das Anschlagen sehr stark und deutlich. Und wenn wir nun das Band locker umlegten, dass es beim Entspannen zurückschnellend die Haut nicht trifft, erhielten wir höhere Schwellen, es war also eine Herabsetzung der Empfindung eingetreten.

Drehg. im Schulterglk. Band um Hand. I. Verschp. 14,6 g, II. Verschp. 14,2 g. Drehg. im Ellbgglk. Band um Hand. I. Verschp. 14,4 g. II. Verschp. 13,5 g. Drehg. im Schulterglk. Band am Oberarm, I. Verschp. 16,5 g. II. Verschp. 13,1 g. Drehg. im Schulterglk. Band 10 cm vom Handglk. I. Vorschsp. 13,4 g, II. Verschsp. 13,1 g.

Auch bei dieser Versuchsanordnung liegt noch eine Beteiligung des Drucksinnes vor; bei der Entspannung des Bandes beim Aufsetzen des Gewichtes schiebt sich der Teil desselben, welcher der oberen Peripherie des Segmentumfanges anliegt, auf beiden Seiten nach oben hin und verursacht dadurch auf der unterliegenden Hautstelle ein geringes Druckgefühl.

Wir müssen dann weiter annehmen, dass ausser diesem Gefühl der Druckzunahme auch die Empfindung der Druckabnahme, die vorzüglich in der obersten Hautpartie des Segmentumfanges, wo ja auch das durch das Gewicht gespannte Band am meisten drückt, beim Aufsetzen sich zeigt, hier mitspielt.

Zum Nachweis bedienten wir uns folgenden Apparates: Zwei ca. 20 cm lange Pappstreifen wurden an ihren Enden durch ebenso lange Fäden verbunden; auf der Unterseite des einen Streifens wurde ein zweimarkstückgrosses Korkstück, auf der des anderen ein Haken angebracht, an welchem der Faden des Gewichtes befestigt wurde. Das Korkstück, der Stützpunkt des Gerüstes wurde dann mit Leim bestrichen, auf die Haut aufgesetzt, so dass der eine Pappstreifen sich oberhalb, der andere unterhalb des betr. Segmentes befand, jedoch ohne dies zu berühren.

I. Drehg. im Schulterglk. Kork 14 cm vom Handgelenk auf dem Unterarm. Werte: 19,5 g. 18,7 g.

II. Drehg. wie vorher. In die dem Korkstück unterliegende Hautstelle sind zwei Spitzen einer 1 pCt. Cocainlösung injiciert; vollständiges Verschwinden des Schmerzgefühls; starke Herabsetzung der Berührungsempfindlichkeit. Werte: 36,2 g. 35,1 g.

III. Drehg. wie vorher, zu beiden Seiten des Korkstückes sind Electrodenschwämme mit Hülfe eines Gummibandes befestigt; bei Stromschluss schwindet die Berührungsempfindlichkeit fast ganz; nur tiefe Nadelstiche werden noch gespürt. Wert: 59 g.

Doch musste bei diesem Versuche der Strom so stark gewählt werden, dass schon Kontraktionen der Unterarmmuskeln sich einstellten; hierdurch ist wohl auch die unverhältnismässige Höhe des Wertes zu erklären.

Da nun hier bei Anwendung des Gerüstes nur eine Druckabnahme stattfindet, bei Ausschluss der Hautsensibilität aber eine bedeutende Herabsetzung eintritt, ist wohl sicher, dass die Empfindung der Druckabnahme auch in dem Empfindungskomplex, den wir beim Aufsetzen ohne Manchette haben, vertreten ist. Legen wir wie bei den ersten Versuchen ohne Manchette das Band um, ziehen es aber ganz straff, setzen also durch den Druck eine mässige Hygästhesie, so erhalten wir höhere Werte.

Drehg. im Schulterglk.; Band straff um Hand.
Wert: 25,3 g.

Drehg. im Schulterglk.; Band straff um Oberarm.
Wert: 26,2 g.
Drehg. im Schulterglk.; Band 10 cm vom Handgelenk straff.
Wert: 25,0 g.

Dasselbe wird erreicht, wenn ein grösseres Zusatzgewicht an dem Bande befestigt wird; dasselbe übt durch die Spannung des Bandes einen konstanten Druck auf die Haut aus und verhindert die Entspannung des Bandes beim Aufsetzen des Versuchsgewichtes und die oben geschilderte Einwirkung auf die Haut.

Drehg. im Ellbgglk.; Band um Hand mit daran befestigten Zusatzgewicht von 106 g.
Werte: 43,6 g. 42,5 g.

Alle diese Versuche sprechen gegen die Annahme Goldscheiders, dass die Hautsensibilität für die Empfindung des Widerstandes gar nicht in Betracht käme, welche er früher bei seinen Untersuchungen über die Widerstandsempfindung ausgesprochen hat, aber nach diesen mit mir gemeinschaftlich ausgeführten Versuchen modificiert hat.

Bei diesem letzten Versuche schien es uns, als ob bei Anwendung eines Zusatzgewichtes noch ein anderes Moment verschlechternd auf die Empfindung einwirke; wir veranstalteten daher Senkungen, bei denen das Zusatzgewicht neben dem Bande befestigt wurde, der Einfluss der beiden oben erwähnten Momente also wegfiel.

Drehg. im Schulterglk.; Band um Hand gut anliegend; daneben Zusatzgewicht von 106 g. aufgehängt.
Werte: 16,0 g. 16,5 g. 14,4 g. 15,0 g.

Also eine bedeutende Herabsetzung, da ohne Zusatzgewicht unter sonst gleichen Bedingungen Werte von 10 bis 12 g erhalten wurden.

Was kann hiervon die Ursache sein? Das Druckgefühl, welches das Gewicht an seinem Aufhängepunkte verursacht? Das ist unwahrscheinlich, denn ein an derselben Stelle angelegtes, stark drückendes Gummiband zeigt durchaus keine Einwirkung. Ebensowenig kann die Schwereempfindung als Grund herangezogen werden. Wir können hier die höheren Werte nur darauf zurückführen, dass durch den Gelenkdruck, den das Gewicht verursacht,

die eigentliche Widerstandsempfindung leidet und sich dies trotz der gut erhaltenen Hautsensibilität in der Gesamtempfindung geltend macht. Hierfür spricht erstens das gleiche Verhältnis in der Herabsetzung der Empfindung bei Anwendung eines Zusatzgewichtes a) bei Ausschluss b) bei Beteiligung der Hautsensibilität.

a) Drehg. im Ellbgglk; Hautquetscher an d. I. Phalanx d. Zeigefingers

Wert: 17,5 g.

Alles wie vorher; mit Zusatzgewicht von 106 g.

Wert: 31,29 g.

b) Drehg. im Ellbgglk.; Band um I. Phalanx; gut anliegend.

Wert: 11,2 g.

Alles wie vorher; mit daneben aufgehängtem Zusatzgewicht von 106 g.

Wert 19,2 g.

Verschieben wir dann Band und Gewicht an die III. Phalanx des Zeigefingers und nehmen noch über den Schwellwerth hinaus ab, so erhalten wir trotzdem noch eine Empfindung beim Aufsetzen, wenn wir das Band um die III. Phalanx des Mittelfingers legen. Wenn also der Gelenkdruck, der von dem Zusatzgewicht herrührt, drei Gelenke weniger betrifft, ist die Empfindung sofort feiner.

Die Schwereempfindung bleibt bei diesem Versuche in derselben Stärke, sie ist also vollkommen ohne Bedeutung für die Feinheit der beim Aufsetzen erhaltenen Empfindung.

Wunderbar erscheint es dann allerdings, dass die sonstigen Unterschiede in der Stärke der eigentlichen Widerstandsempfindung, wie sie durch die Zahl der beteiligten Gelenke bedingt werden, bei Senkung ohne Manchette gar nicht zur Geltung kommen, wenigstens war uns das zuerst aufgefallen, dass gleichgültig gegen Dreh- und Aufhängepunkt immer fast der gleiche Wert als Schwelle erhalten wurde.

Bei von neuem in dieser Richtung vorgenommenen Versuchen, bei denen allerdings die Unterschiede vielleicht

etwas stärker waren, ergab sich jedoch ein ganz anderes Resultat.

Bei allen Senkungen ist das Gewicht an d. I. Phalanx d. Zeigefingers befestigt; bei A ist der Faden des Gewichtes fest um den Finger geschlungen; bei B liegt das Band locker um; bei C ist der Hautquetscher angewendet.

Drehg. im	A.	B.	C.
Metac.-Phalang.	60,0 g	47,3 g	über 300 g
Handgelenk	45,0 „	17,8 „	33,8 „
Ellbgglk.	10,0 „	13,8 „	20,5 „
Schulterglk.	9,4 „	13,4 „	14,5 „

Aus dieser Tabelle lässt sich deutlich sehen, dass die Herabsetzung der eigentlichen Widerstandsempfindung, wie wir sie bei Beteiligung nur einer oder weniger Gelenke stets finden, auch bei Mitwirkung der Hautsensibilität deutlich hervortritt. Ich muss ja freilich zugestehen, dass zwischen diesen und den früheren Versuchen ein Widerspruch besteht, für den ich vorläufig noch keine Erklärung habe. Aber trotz dieses Widerspruches, glaube ich, müssen wir doch annehmen, dass bei den Senkungen ohne Manchette die Stärke der beim Aufsetzen erhaltenen Empfindung abhängig ist von der Stärke der in den Gelenken aufgetretenen. Es folgt daraus, dass, wie es uns schon oben erschienen war, sich die erstere zusammensetzt aus den Empfindungen der Druckabnahme, infolge Entspannung, und der Druckzunahme, infolge der Elastizität des Bandes, beide Produkte der Hautsensibilität und der eigentlichen Widerstandsempfindung, die ihren Sitz in den Gelenken hat. Die Hautsensibilität trägt viel bei zur Verfeinerung der Widerstandsempfindung und zur deutlicheren Gestaltung des Gesamteindruckes, jedoch für sich allein kann sie nicht die Empfindung des Widerstandes hervorrufen, wie es so klar der Versuch Goldscheiders zeigt: Das I. Interphalangealgelenk wird faradisiert und die in ihm gebeugte Fingerspitze gegen den Tisch geführt; derselbe wird gefühlt, aber nicht als fester Widerstand sondern weich, nachgiebig, durchdringbar. Es scheint uns dies ganz natürlich, wenn wir uns erinnern, dass, wenn sonst die Widerstandsempfindung begleitet war von

Sinneswahrnehmungen anderer Art, deren Ausgangspunkt das Aufsetzen des Gewichtes bildete, wie z. B. wenn wir es sahen oder das bei ihm entstehende Geräusch hörten, sie deutlicher erschien als ohne dieselben.

Hierzu kommt noch, dass wir gewohnt sind an das gleichzeitige Auftreten von Hautempfindung und Widerstandsempfindung, da die Hindernisse, welche letztere hervorrufen, indem sie unsere Bewegungen hemmen, ausserhalb des Körpers liegen, und gleichzeitig, wenn sie dies thun, auch die Haut treffen und dort eine Empfindung erregen, welche uns mit Hülfe des Ortssinns in den Stand setzt, den Angriffspunkt des Hindernisses zu lokalisieren. Wie sehr uns dies zur Gewohnheit geworden, zeigt sich bei der paradoxen Widerstandsempfindung; wir haben hier das Gefühl, dass die Unterlage, auf die das Gewicht aufsetzt, das Hindernis für die weitere Bewegung bildet, wir substituieren das Gefühl eines festen Mittelgliedes, eines Stockes, um dies uns erklärlicher zu machen, die Hautempfindung, die das Band beim Aufsetzen verursacht, muss uns den Punkt angeben, an welchem unserer Meinung nach das obere Ende des Mittelgliedes die Haut berührt.

Eine Widerstandsempfindung, die durch innere im Gliede selbst wirkende Kräfte hervorgebracht ist, die also ohne Hautempfindung auftritt, pflegen wir nur als einen Teil des Gemeingefühls wahrzunehmen, sie erscheint uns undeutlich und wir müssen uns förmlich daran gewöhnen, sie als Widerstandsempfindung zu erkennen, wie dies bei der durch die oben erwähnte Schleuderbewegung hervorgebrachten oder der paradoxen Widerstandsempfindung bei Anwendung der Manchetten der Fall ist. Wenn daher gleichzeitig mit der Widerstandsempfindung eine Hautempfindung auftritt, wird erstere uns deutlicher erscheinen, und je stärker diese Hautempfindung ist, desto mehr wird dies der Fall sein. Auch die Widerstandsempfindung, die wir beim Tasten haben, wird durch die Hautsensibilität verfeinert.

Letztere macht uns beim Tasten zuerst auf die Anwesenheit von Gegenständen aufmerksam, sie klärt so zu sagen das Terrain auf, darauf hin wird die Bewegung

langsamer, alle Muskeln werden entspannt, um möglichst günstige Bedingungen für die Entstehung der Widerstandsempfindung zu schaffen; und bei ihrem Auftreten wird diese begleitet von einem ganzen Komplex von Hautempfindungen, welche uns Aufschluss geben über verschiedene Eigenschaften des betasteten Körpers, begleitet ausserdem von den gleichzeitigen Gesichts- und Gehörseindrücken; sie alle vereinigen sich zu einem Gesamtbild, zu einem Empfindungsaggregat, dessen Kern die Widerstandsempfindung ist, die in den Gelenken ihren Sitz hat und durch eine Gelenkdrucksteigerung hervorgerufen wird.

Am Schlusse dieser Arbeit erfülle ich die angenehme Pflicht, Hrn. Stabsarzt Dr. Goldscheider für die Anregung zu derselben und die äusserst liebenswürdige Unterstützung bei ihrer Ausführung meinen ehrerbietigsten Dank auszusprechen.

Den Herren cand. med. R. Puhlmann und cand. med. C. von Bültzingslöwen sage ich für die freundliche Hülfe bei den Versuchen meinen besten Dank.

Thesen.

I.

Die Widerstandsempfindung hat ihren Sitz in den Gelenken und wird hervorgerufen durch eine Drucksteigerung in denselben.

II.

Die Errichtung von Crematorien ist namentlich in Rücksicht auf drohende Epidemien sehr wünschenswert.

III.

Eine genaue Kenntnis der giftigen Pilze sollte eins der Hauptziele des naturwissenschaftlichen Unterrichtes aller Schulen sein.

Lebenslauf.

Verfasser dieser Arbeit. ALFRED BLECHER, evangelischer Konfession, wurde am 27. Januar 1871 zu Rinteln als der Sohn des Königl. Kataster-Kontrolleurs Ernst Blecher geboren. Er besuchte hintereinander das Gymnasium Adolfinum zu Bückeburg, die Stadtschule zu Ueckermünde, und das Gymnasium Bernhardinum zu Meiningen, welches er Ostern 1889 mit dem Zeugnis der Reife verliess. Am 29. März wurde er in das Königliche medicinisch-chirurgische Friedrich-Wilhelms-Institut aufgenommen und genügte vom 1. April bis 1. Oktober 1889 seiner Dienstpflicht mit der Waffe bei der 4. Kompagnie des 2. Garde-Regiments z. F. Im Februar 1891 bestand er die ärztliche Vorprüfung, im Februar 1892 das Tentamen medicum und das Examen rigorosum. Seine Lehrer waren:

v. Bardeleben, v. Bergmann, du Bois-Reymond, Dilthey, Engler, Ewald, Fränkel, Fritsch, Gerhardt, Goldscheider, Gurlt, Gusserow, Hartmann (†), Hertwig, Hirsch, v. Hofmann (†), Jolly, A. Köhler, R. Köhler, Kossel, Kundt, Leyden, Liebreich, G. Lewin, Oppenheim, Olshausen, Rubner, Siemerling, Schulze, Salkowski, Schweigger, Schwendener, Strassmann, R. Virchow, Waldeyer.

Allen diesen Herren, seinen hochverehrten Lehrern, spricht der Verfasser seinen aufrichtigen Dank aus.